

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-84066

(P2003-84066A)

(43) 公開日 平成15年3月19日 (2003.3.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 1 T 1/20		G 0 1 T 1/20	E 2 G 0 8 8
			G 4 M 1 1 8
H 0 1 L 21/60	3 0 1	H 0 1 L 21/60	3 0 1 A 5 C 0 2 4
25/07		H 0 4 N 5/32	5 F 0 4 4
27/14		5/335	V 5 F 0 8 8

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-16677 (P2002-16677)

(22) 出願日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(31) 優先権主張番号 特願2001-112715 (P2001-112715)

(32) 優先日 平成13年4月11日 (2001.4.11)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-196596 (P2001-196596)

(32) 優先日 平成13年6月28日 (2001.6.28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 392028099

日本結晶光学株式会社

群馬県館林市野辺町810番地の5

(72) 発明者 関根 重典

群馬県館林市野辺町810番地5 日本結晶
光学株式会社内

(72) 発明者 築田 敏一

群馬県館林市野辺町810番地5 日本結晶
光学株式会社内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

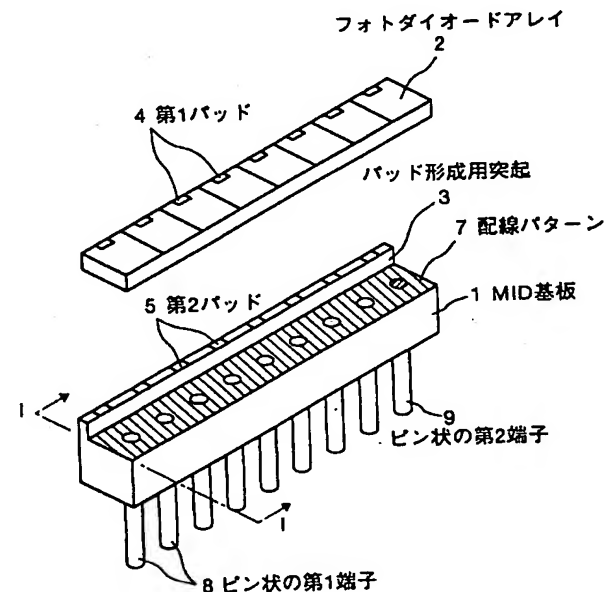
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線検出器用部品、放射線検出器および放射線検出装置

(57) 【要約】

【課題】 ワイヤボンディングに必要なスペースを最小にし、放射線検出器の小型化および制作を容易にし、かつ2次元検出装置の制作が容易になる放射線検出器用部品を提供すること。

【解決手段】 MID基板1上面に設けられたパッド形成用突起3の上端面がフォトダイオードアレイ2の上端面と同じ高さであり、フォトダイオードアレイ2上に配置されたフォトダイオード素子の上面に第1パッド4、パッド形成用突起3の上端面に第2パッド5が設けられ、対応する第1パッド4と第2パッド5との間にはワイヤボンディング6が設けられ、MID基板1上面には配線パターン7が設けられ、MID基板1下面には第2パッド5の数と同数の第1端子8および1個の第2端子9が設けられ、第2パッド5と第1端子8とが1対1の関係で電氣的に接続され、配線パターン7と第2端子9とが電氣的に接続されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上面の一部領域上に配置されかつ受光面上に第 1 パッドを有する光電素子を備え、該光電素子が受光する光の強度に基づく電気信号を出力する放射線検出器用部品であって、

前記基板の他の領域上に配置されたパッド形成部と、該パッド形成部上に形成され、前記光電素子の受光面上に配置された前記第 1 パッドと同一平面を形成するように配置され、前記第 1 パッドと電気的に接続された第 2 パッドと、
を備えることを特徴とする放射線検出器用部品。

【請求項 2】 前記第 1 パッドと前記第 2 パッドとの間はワイヤボンディングにより電気的に接続されていることを特徴とする請求項 1 に記載の放射線検出器用部品。

【請求項 3】 前記基板裏面に配置された第 3 パッドと、前記第 2 パッドと前記第 3 パッドとを電気的に接続する立体配線と、
をさらに備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の放射線検出器用部品。

【請求項 4】 前記基板は M I D 基板であって、前記立体配線は、前記 M I D 基板によって形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の放射線検出器用部品。

【請求項 5】 前記立体配線は、前記基板を貫通して形成されるスルーホールを含むことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の放射線検出器用部品。

【請求項 6】 前記基板および前記パッド形成部は、一体的に形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の放射線検出器用部品。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 6 に記載の放射線検出器用部品と、
前記光電素子の受光面上に配置され、受線した放射線を前記光電素子が電気信号に変換可能な波長帯域の光に変換する変換素子と、
を備えたことを特徴とする放射線検出器。

【請求項 8】 M I D 基板およびそれに接触して設置されたフォトダイオードアレイを有し、該フォトダイオードアレイの下面と接触する側の該 M I D 基板上面にパッド形成用突起が設けられていて該パッド形成用突起の上端面が該フォトダイオードアレイの上面と同じ高さであり、該フォトダイオードアレイの各々のフォトダイオード素子の上面で該パッド形成用突起に隣接する部分にそれぞれ第 1 パッドが設けられており、該パッド形成用突起の上端面で各々の第 1 パッドと隣接する部分にそれぞれ第 2 パッドが設けられており、対応する該第 1 パッドと該第 2 パッドとの間にはワイヤボンディングが設けられており、該フォトダイオードアレイと接触する該 M I D 基板上面には配線パターンが設けられており、該 M I D 基板下面には該第 2 パッドの数と同数の第 1 端子お

よび 1 個の第 2 端子が設けられており、該第 2 パッドと該第 1 端子とが 1 対 1 の関係で電気的に接続されており、該配線パターンと該第 2 端子とが電気的に接続されていることを特徴とする放射線検出器用部品。

【請求項 9】 前記 M I D 基板上面に前記フォトダイオードアレイの位置決めのための溝または位置決め突起が設けられていることを特徴とする請求項 8 に記載の放射線検出器用部品。

【請求項 10】 1 個の M I D 基板およびそれに接触して設置された複数のフォトダイオード素子を有し、各々の該フォトダイオード素子の下面と接触する側の該 M I D 基板上面に各々の該フォトダイオード素子の位置決めのための溝または位置決め突起が設けられており、また、該 M I D 基板上面にパッド形成用突起が設けられていて該パッド形成用突起の上端面が各々の該フォトダイオード素子の上面と同じ高さであり、各々の該フォトダイオード素子の上面で該パッド形成用突起に隣接する部分にそれぞれ第 1 パッドが設けられており、該パッド形成用突起の上端面で各々の第 1 パッドと隣接する部分にそれぞれ第 2 パッドが設けられており、対応する該第 1 パッドと該第 2 パッドとの間にはワイヤボンディングが設けられており、各々の該フォトダイオード素子と接触する該 M I D 基板上面には配線パターンが設けられており、該 M I D 基板下面には該第 2 パッドの数と同数の第 1 端子および 1 個の第 2 端子が設けられており、該第 2 パッドと該第 1 端子とが 1 対 1 の関係で電気的に接続されており、該配線パターンと該第 2 端子とが電気的に接続されていることを特徴とする放射線検出器用部品。

【請求項 11】 位置決め突起が土手状となっていて、隣接チャンネル間の仕切板として機能することを特徴とする請求項 10 に記載の放射線検出器用部品。

【請求項 12】 請求項 8 または 9 に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品のフォトダイオードアレイの上面の上に各々の素子に対応するように設置されたシンチレータアレイとを有することを特徴とする放射線検出器。

【請求項 13】 請求項 10 または 11 に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品の各々のフォトダイオード素子の上面の上に各々の素子に対応するように設置されたシンチレータ素子とを有することを特徴とする放射線検出器。

【請求項 14】 所定数の請求項 12 または 13 に記載の放射線検出器が縦横に配置されていることを特徴とする放射線検出装置。

【請求項 15】 シンチレータアレイと、該シンチレータアレイのアレイ整列方向の一方の側面に配置されたフォトダイオードアレイと、該フォトダイオードアレイの各々のフォトダイオード素子に電気的に接続されていて該フォトダイオードアレイの表面に配置されている各々の配線とを有し、該各々の配線の末端が該シンチレータ

アレイとの接触部分よりも受光方向下流側に存在していることを特徴とする放射線検出器用部品。

【請求項 16】 シンチレータアレイと、該シンチレータアレイのアレイ整列方向の一方の側面に配置されたフォトダイオードアレイと、該フォトダイオードアレイの各々のフォトダイオード素子に電気的に接続されていて該フォトダイオードアレイの表面に配置されている各々の配線とを有し、該各々の配線が該シンチレータアレイとの接触部分よりも受光方向下流側に延びた後、該シンチレータアレイのアレイ整列方向に延び、該各々の配線の末端が該シンチレータアレイとの接触部分を越えた側方位置に存在していることを特徴とする放射線検出器用部品。

【請求項 17】 請求項 15 に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品を支持する基板と、該基板に設けられた配線とを有し、該基板の配線が上記フォトダイオードアレイの表面に配置されている各々の配線の末端に電気的に連結されていることを特徴とする放射線検出器。

【請求項 18】 請求項 16 に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品を支持する基板とを有することを特徴とする放射線検出器。

【請求項 19】 所定数の請求項 17 に記載の放射線検出器が縦横に配置されていることを特徴とする放射線検出装置。

【請求項 20】 所定数の請求項 18 に記載の放射線検出器が、シンチレータアレイのアレイ整列方向とは直角の方向に配置されていることを特徴とする放射線検出装置。

【請求項 21】 基板の一部に設けられた埋め込み用溝部と、

1 次元アレイ状に配列された複数の光電素子を備え、前記埋め込み用溝部に埋め込まれた光電素子アレイと、前記光電素子の受光面上にそれぞれ配置された第 1 パッドと、前記第 1 パッドに対応して前記基板にそれぞれ設けられ、前記第 1 パッドと電気的に接続された第 2 パッドと、を備えることを特徴とする放射線検出器用部品。

【請求項 22】 前記光電素子アレイよりも受光方向上流側に、光導波路をさらに備えることを特徴とする請求項 21 に記載の放射線検出器用部品。

【請求項 23】 前記光導波路は、基板上面に設けられた受光部分に入射する光を、該受光部分よりも小さい受光面積を有する前記光電素子の受光面まで導波することを特徴とする請求項 22 に記載の放射線検出器用部品。

【請求項 24】 前記第 2 パッドは前記基板上面に配置され、前記第 1 パッドと前記第 2 パッドとが同一の平面を形成

するよう前記溝部が形成されていることを特徴とする請求項 21～23 のいずれか一つに記載の放射線検出器用部品。

【請求項 25】 前記溝部の深さと前記光電素子アレイの厚みとの差分値が $1\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 21～23 のいずれか一つに記載の放射線検出器用部品。

【請求項 26】 前記埋め込み用溝部を複数備え、複数の前記光電素子アレイは、前記光電素子アレイのアレイ整列方向とは直角の方向に配列されていることを特徴とする請求項 21～25 のいずれか一つに記載の放射線検出器用部品。

【請求項 27】 前記基板の裏面に第 3 パッドをさらに備え、該第 3 パッドと前記第 2 パッドとは前記基板を貫通して形成されたスルーホールによって電気的に接続されていることを特徴とする請求項 21～26 のいずれか一つに記載の放射線検出器用部品。

【請求項 28】 請求項 21～27 に記載の放射線検出器用部品と、

前記光電素子の受光面上に配置され、受線した放射線を前記光電素子が電気信号に変換可能な波長帯域の光に変換する変換素子と、

を備えたことを特徴とする放射線検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上面の一部領域上に配置されかつ受光面上に第 1 パッドを有する光電素子を備え、この光電素子が受光する光の強度に基づく電気信号を出力する技術に関し、光電素子が配置される平面において、光電素子が占める面積の割合を高く維持し、容易に製造することのできる放射線検出器用部品、放射線検出器および放射線検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】医療機関などで使用される X 線 CT 装置では、被検体に対して X 線を照射することによって被検体の内部構造を撮影する。具体的には、X 線 CT 装置は、X 線照射源と、X 線照射源と被検体を介して対抗配置された、X 線検出部が 1 次元アレイ状に配置された構造の放射線検出器を有する。ここで、検出部は、受線した X 線を電気信号に変換する機能を有し、X 線を可視光線に変換するシンチレータ素子と、可視光線を電気信号に変換するフォトダイオードとを有する。この放射線検出器によって被検体を通過した X 線を受線し、受線した X 線に基づいて得られる電気信号を記録する。そして、X 線照射源と放射線検出器の位置関係を維持したまま、X 線を照射する角度を様々に変化させて X 線の受線をくり返す。その後、得られた電気信号に対してコンボリューション（畳み込み）やバックプロジェクション（逆投影）等の処理をおこなうことで、X 線が通過した被検体の断面（以下、「スライス」と言う）の画像を再構成す

る。

【0003】特に近年、一回のX線照射によって、同時に複数のスライスについて撮影することのできるマルチスライスX線CT装置の開発が盛んである。マルチスライスX線CT装置は、複数のスライスに対応して、アレ
10 レイ状のX線検出部を複数配置して、それぞれのスライスを通過したX線を収集してスライス画像を再構成している。したがって、マルチスライスX線CT装置においては、検出部が1次元アレ
レイ状ではなく、2次元アレ
レイ状に配置された、放射線検出装置を備える必要がある。このため、検出部を構成するフォトダイオードについて
も、2次元的に配置されなければならない。

【0004】図24(a)に示す放射線検出器は、複数の単一スライス用1次元フォトダイオードアレ
レイ102を並列に基板101上に並べてフォトダイオード素子103を2次元状に配列し、さらにその上に個々のフォト
ダイオードに対応したシンチレータ素子を有する2次元シンチレータアレ
レイを搭載して放射線検出器を形成する
(以下、「従来技術1」と言う)。個々のフォトダイ
オード素子103は、基板101上に設けられた第2パ
ッド105とワイヤボンディング106によって電気的に
接続され、フォトダイオード素子103から出力される
電気信号は、基板101上に設けられた配線を伝わり、
基板101の外部に出力される。

【0005】また、マトリックス状に分布する複数の
フォトダイオードとそれに対応した配線を同一の半導体基
板上に一体的に形成した構造が知られている(以下、
「従来技術2」と言う)。そして、このようにフォト
ダイオードを作り込んだ半導体基板上に、個々のフォト
ダイオードに対応したシンチレータ素子を有する2次元
シンチレータアレ
レイを搭載することで、放射線検出器を形
成する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来技術1には以下の問題がある。まず、従来技術1では、平板状の
基板101上に1次元フォトダイオードアレ
レイ102を配置している。したがって、基板101上の第2パ
ッド105と、フォトダイオード素子103との間でフォト
ダイオードアレ
レイ102の厚みの分だけ段差が生じると
いう問題を有する。このような段差を生じた状態でワイ
ヤボンディング106を施す場合、図24(b)に示す
ように、第2パッド105の位置をフォトダイオード素
子103から水平方向に所定距離だけ離す必要がある。
しかし、第2パッド105の位置をフォトダイオード素
子103から離すことによって、フォトダイオードアレ
レイ102相互の間隔が広がる。その結果、放射線検
出器全体に対してフォトダイオードが占める面積が相対
的に小さくなり、X線受感度が低下するという問題を有
する。

【0007】また、基板101上に1次元フォトダイオ

ードアレ
レイ102を正確に配置する必要もある。したが
って、従来技術1のような放射線検出器を製造する際
には、基板101上に1次元フォトダイオードアレ
レイを固定するための実装装置を新たに設けるか、特別な位置決
め治具が必要となるという問題を有する。

【0008】さらに、従来技術1は、複数配列した1次
元フォトダイオードアレ
レイ102の上に2次元シンチ
レータアレ
レイを直接配置する構造を有するため、接触面積
が小さく、機械的強度が低下するという問題も有する。

10 【0009】一方、従来技術2にも問題がある。まず、
1枚の半導体基板上にすべてのフォトダイオードを作り
込むため、2次元フォトダイオードアレ
レイを構成するフ
ォトダイオードのうち、不良素子が一つでも存在すれば
放射線検出器を構成することはできず、半導体基板上に
作り込まれた他のフォトダイオードについても破棄せざる
を得ない。ここで、2次元フォトダイオードアレ
レイを構成する個々のフォトダイオードは、2次元状に配置
されている必要がある。したがって、DRAMで採用され
るような冗長回路を用いることもできず、従来技術2の
構造では歩留まりが非常に悪いという問題を有する。

20 【0010】また、従来技術2では、必要な配線につ
いても半導体基板上に作り込む構造となっている。こ
こで、これらの配線は個々のフォトダイオードに対応して
設けられることから、フォトダイオードの数が増大する
にしたがって、配線の数も増大する。特に、スライス数
を増大させた場合には外部に出力するために必要な配線
の数が増大する。ここで、半導体基板上においてフォト
ダイオードが占める面積の低下を抑制するためには、各
配線の幅を細くする必要があるが、配線を細くした場合
30 には電気抵抗が増大し、断線の可能性も高くなるという
問題を有する。

【0011】なお、上記した問題のいくつかは、マルチ
スライスの場合に限定されず、単一スライス用の放射線
検出器についても成立する。たとえば、基板上に1次元
フォトダイオードアレ
レイを配置する構造とした場合に
は、従来技術1と同様にパッドとフォトダイオードとの
間の段差が問題となる。

【0012】また、以上述べた問題は、放射線検出器の
みならず、一般の光検出器についても成立する。一般
40 に、光検出器は、上記の放射線検出器の構造からシンチ
レータ素子を除外した構造を有し、2次元フォトダイ
オードを配置する点では放射線検出器と同じである。受光
感度を向上させるためには、基板上においてフォトダイ
オードが占める面積が大きいことが望ましいが、同様の
問題により受光面積を狭めざるを得ないという問題を有
する。

【0013】この発明は上記従来技術の欠点に鑑みてな
されたものであって、放射線検出器用部品、放射線検出
器および放射線検出装置において、フォトダイオードが
配置される平面において、フォトダイオードの占める面
50

積の割合を高く維持でき、容易に製造することのできる放射線検出器用部品、放射線検出器および放射線検出装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明にかかる放射線検出器用部品は、基板上面の一部領域上に配置されかつ受光面上に第1パッドを有する光電素子を備え、該光電素子が受光する光の強度に基づく電気信号を出力する放射線検出器用部品であって、前記基板の他の領域上に配置されたパッド形成部と、該パッド形成部上に形成され、前記光電素子の受光面上に配置された前記第1パッドと同一平面を形成するように配置され、前記第1パッドと電気的に接続された第2パッドとを備えることを特徴とする。

【0015】また、請求項2の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項1に記載の発明において、前記第1パッドと前記第2パッドとの間にはワイヤボンディングにより電気的に接続されていることを特徴とする。

【0016】また、請求項3の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項1または2に記載の発明において、前記基板裏面に配置された第3パッドと、前記第2パッドと前記第3パッドとを電気的に接続する立体配線とをさらに備えることを特徴とする。

【0017】また、請求項4の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項1～3のいずれか一つに記載の前記基板はMID基板であって、前記立体配線は、前記MID基板によって形成されていることを特徴とする。

【0018】また、請求項5の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項1～3のいずれか一つに記載の発明において、前記立体配線は、前記基板を貫通して形成されるスルーホールを含むことを特徴とする。

【0019】また、請求項6の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項1～5のいずれか一つに記載の発明において、前記基板および前記パッド形成部は、一体的に形成されていることを特徴とする。

【0020】また、請求項7の発明にかかる放射線検出器は、請求項1～6に記載の放射線検出器用部品と、前記光電素子の受光面上に配置され、受線した放射線を前記光電素子が電気信号に変換可能な波長帯域の光に変換する変換素子とを備えたことを特徴とする。

【0021】また、請求項8の発明にかかる放射線検出器用部品は、MID基板およびそれに接触して設置されたフォトダイオードアレイを有し、該フォトダイオードアレイの下面と接触する側の該MID基板上面にパッド形成用突起が設けられていて該パッド形成用突起の上端面が該フォトダイオードアレイの上面と同じ高さであり、該フォトダイオードアレイの各々のフォトダイオード素子の上面で該パッド形成用突起に隣接する部分にそれぞれ第1パッドが設けられており、該パッド形成用突起の上端面で各々の第1パッドと隣接する部分にそれぞ

れ第2パッドが設けられており、対応する該第1パッドと該第2パッドとの間にはワイヤボンディングが設けられており、該フォトダイオードアレイと接触する該MID基板上面上には配線パターンが設けられており、該MID基板下面には該第2パッドの数と同数の第1端子および1個の第2端子が設けられており、該第2パッドと該第1端子とが1対1の関係で電気的に接続されており、該配線パターンと該第2端子とが電気的に接続されていることを特徴とする。

10 【0022】また、請求項9の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項8に記載の発明において、前記MID基板上面に前記フォトダイオードアレイの位置決めのための溝または位置決め突起が設けられていることを特徴とする。

【0023】また、請求項10の発明にかかる放射線検出器用部品は、1個のMID基板およびそれに接触して設置された複数のフォトダイオード素子を有し、各々の該フォトダイオード素子の下面と接触する側の該MID基板上面に各々の該フォトダイオード素子の位置決めのための溝または位置決め突起が設けられており、また、該MID基板上面にパッド形成用突起が設けられていて該パッド形成用突起の上端面が各々の該フォトダイオード素子の上面と同じ高さであり、各々の該フォトダイオード素子の上面で該パッド形成用突起に隣接する部分にそれぞれ第1パッドが設けられており、該パッド形成用突起の上端面で各々の第1パッドと隣接する部分にそれぞれ第2パッドが設けられており、対応する該第1パッドと該第2パッドとの間にはワイヤボンディングが設けられており、各々の該フォトダイオード素子と接触する該MID基板上面上には配線パターンが設けられており、該MID基板下面には該第2パッドの数と同数の第1端子および1個の第2端子が設けられており、該第2パッドと該第1端子とが1対1の関係で電気的に接続されており、該配線パターンと該第2端子とが電気的に接続されていることを特徴とする。

【0024】また、請求項11の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項10に記載の発明において、位置決め突起が土手状となっていて、隣接チャンネル間の仕切板として機能することを特徴とする。

40 【0025】また、請求項12の発明にかかる放射線検出器は、請求項8または9に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品のフォトダイオードアレイの上面の上に各々の素子に対応するように設置されたシンチレータアレイとを有することを特徴とする。

【0026】また、請求項13の発明にかかる放射線検出器は、請求項10または11に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品の各々のフォトダイオード素子の上面の上に各々の素子に対応するように設置されたシンチレータ素子とを有することを特徴とする。

50 【0027】また、請求項14の発明にかかる放射線検

出装置は、所定数の請求項 12 または 13 に記載の放射線検出器が縦横に配置されていることを特徴とする。

【0028】また、請求項 15 の発明にかかる放射線検出器用部品は、シンチレータアレイと、該シンチレータアレイのアレイ整列方向の一方の側面に配置されたフォトダイオードアレイと、該フォトダイオードアレイの各々のフォトダイオード素子に電氣的に接続されていて該フォトダイオードアレイの表面に配置されている各々の配線とを有し、該各々の配線の末端が該シンチレータアレイとの接触部分よりも受光方向下流側に存在していることを特徴とする。

【0029】また、請求項 16 の発明にかかる放射線検出器用部品は、シンチレータアレイと、該シンチレータアレイのアレイ整列方向の一方の側面に配置されたフォトダイオードアレイと、該フォトダイオードアレイの各々のフォトダイオード素子に電氣的に接続されていて該フォトダイオードアレイの表面に配置されている各々の配線とを有し、該各々の配線が該シンチレータアレイとの接触部分よりも受光方向下流側に延びた後、該シンチレータアレイのアレイ整列方向に延び、該各々の配線の末端が該シンチレータアレイとの接触部分を越えた側方位置に存在していることを特徴とする。

【0030】また、請求項 17 の発明にかかる放射線検出器は、請求項 15 に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品を支持する基板と、該基板に設けられた配線とを有し、該基板の配線が上記フォトダイオードアレイの表面に配置されている各々の配線の末端に電氣的に連結されていることを特徴とする。

【0031】また、請求項 18 の発明にかかる放射線検出器は、請求項 16 に記載の放射線検出器用部品と、該放射線検出器用部品を支持する基板とを有することを特徴とする。

【0032】また、請求項 19 の発明にかかる放射線検出装置は、所定数の請求項 17 に記載の放射線検出器が縦横に配置されていることを特徴とする。

【0033】また、請求項 20 の発明にかかる放射線検出装置は、所定数の請求項 18 に記載の放射線検出器が、シンチレータアレイのアレイ整列方向とは直角の方向に配置されていることを特徴とする。

【0034】また、請求項 21 の発明にかかる放射線検出器用部品は、基板の一部に設けられた埋め込み用溝部と、1次元アレイ状に配列された複数の光電素子を備え、前記埋め込み用溝部に埋め込まれた光電素子アレイと、前記光電素子の受光面上にそれぞれ配置された第1パッドと、前記第1パッドに対応して前記基板にそれぞれ設けられ、前記第1パッドと電氣的に接続された第2パッドとを備えることを特徴とする。

【0035】また、請求項 22 の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項 21 に記載の発明において、前記光電素子アレイよりも受光方向上流側に、光導波路をさ

らに備えることを特徴とする。

【0036】また、請求項 23 の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項 22 に記載の発明において、前記光導波路は、基板上面に設けられた受光部分に入射する光を、該受光部分よりも小さい受光面積を有する前記光電素子の受光面まで導波することを特徴とする。

【0037】また、請求項 24 の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項 21～23 のいずれか一つに記載の発明において、前記第2パッドは前記基板上面に配置され、前記光電素子アレイの厚みと前記溝部の深さとは同一であって、前記光電素子アレイ上面と、前記基板上面とが同一の平面を形成することを特徴とする。

【0038】また、請求項 25 の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項 21～23 のいずれか一つに記載の発明において、前記溝部の深さと前記光電素子アレイの厚みとの差分値が $1\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0039】また、請求項 26 の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項 21～25 のいずれか一つに記載の発明において、前記埋め込み用溝部を複数備え、複数の前記光電素子アレイは、前記光電素子アレイのアレイ整列方向とは直角の方向に配列されていることを特徴とする。

【0040】また、請求項 27 の発明にかかる放射線検出器用部品は、請求項 21～26 のいずれか一つに記載の発明において、前記基板の裏面に第3パッドをさらに備え、該第3パッドと前記第2パッドとは前記基板を貫通して形成されたスルーホールによって電氣的に接続されていることを特徴とする。

【0041】また、請求項 28 の発明にかかる放射線検出装置は、請求項 21～27 に記載の放射線検出器用部品と、前記光電素子の受光面上に配置され、受線した放射線を前記光電素子が電気信号に変換可能な波長帯域の光に変換する変換素子とを備えたことを特徴とする。

【0042】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。図面の記載において同一あるいは類似部分には同一あるいは類似な符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、それぞれの部分の厚みの比率などは現実のものとは異なることに留意すべきである。又、図面の相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。

【0043】（実施の形態1）まず、本実施の形態1にかかる放射線検出器用部品について説明する。図1は、本実施の形態1にかかる放射線検出器用部品の、MID (Molded Interconnected Device) 基板1とフォトダイオードアレイとを分離した状態で示す概略斜視図である。また、図2は、図1のI-I線での断面図であり、図3(a)は、MID基板1とフォトダイオードアレイ

2とを組み立てた状態の実施の形態1にかかる放射線検出器用部品の概略斜視図である。さらに、図3(b)は、組み立てた状態におけるフォトダイオードアレイの電氣的接続について説明するための断面図である。

【0044】図1～図3に示すように、実施の形態1にかかる放射線検出器用部品は、立体成形および立体配線を施したMID基板1およびそれに接触して設置されたフォトダイオードアレイ2を有している。フォトダイオードアレイ2の下面と接触する側のMID基板上面にはパッド形成用突起3が設けられており、このパッド形成用突起3の上端面はフォトダイオードアレイ2の上面と同じ高さまたは実質的に同じ高さにしてある。なお、図1～図3には示されていないが、MID基板上面にはフォトダイオードアレイの位置決めのための溝または位置決めのための突起が設けられていても良い。位置決めのための溝または突起を設けることによって、放射線検出器用部品の製造において、フォトダイオードアレイ2をMID基板1上に配置する際に特別な位置決め治具を必要としなくて済む。また、フォトダイオードアレイ2の位置決めを容易におこなうことができ、製造工程を簡略化することができる。

【0045】フォトダイオードアレイ2の各々のフォトダイオード素子の上面でパッド形成用突起3に隣接する部分にそれぞれ第1パッド4が設けられており、また、パッド形成用突起3の上端面で各々の第1パッド4が設けられており、また、パッド形成用突起3の上端面で各々の第1パッド4と隣接する部分にそれぞれ第2パッド5が設けられており、これらの対応する第1パッド4と第2パッド5との間にはワイヤボンディング6が設けられている。

【0046】第1パッド4と第2パッド5との間の電氣的接続について、図3(b)を参照して説明する。上述したように、対応する第1パッド4と第2パッド5との間は、ワイヤボンディング6によって電氣的に接続されている。ここで、パッド形成用突起3の上端面とフォトダイオードアレイ2の上面の高さは、図3(b)にも示すように、同じか実質的に同じである。したがって、ワイヤボンディング6を設けるにあたって、第1パッド4と、第2パッド5との間の水平距離を大きく取る必要はなく、パッド形成用突起3の幅を狭くすることができる。なお、第1パッド4と第2パッド5との間の水平距離を小さくする観点からは、第1パッド4および第2パッド5の高さが同じか実質的に同じであれば足りる。したがって、この条件が満たされてさえいれば、フォトダイオードアレイ2の上面とパッド形成用突起3の上端面とが同じもしくは実質的に同じ高さである必要はない。

【0047】また、図3(a)からも分かるように、フォトダイオードアレイ2と接触するMID基板1の上面上には、配線パターン7、たとえばカソード配線パターン7が設けられており、MID基板下面には第2パッド

5の数と同数の、たとえばピン状の第1端子8、たとえばアノード端子8および1個のたとえばピン状の第2端子9、たとえばカソード端子9が設けられている。さらに、第2パッド5と第1端子8、たとえばアノード端子8とが1対1の関係で、MIDにより形成されている配線10により電氣的に接続されており、また、配線パターン7たとえばカソード配線パターン7と第2端子9、たとえばカソード端子9とがたとえばMID基板1に設けられた穴に配置した配線により電氣的に接続されている。これにより、フォトダイオードアレイ2を構成する個々のフォトダイオード素子の第1パッド4は、ワイヤボンディング6を介して第2パッド5と電氣的に接続する。さらに、第2パッド5は、図2で示したように、配線10を介して第1端子8に電氣的に接続することから、個々のフォトダイオード素子の第1パッド4は、第1端子8と電氣的に接続している。一方、個々のフォトダイオード素子は底面においてカソード電極を有し、その電極は配線パターン7を介して第2端子9に電氣的に接続している。ここで、個々のフォトダイオード素子のカソード電極は互いに短絡して共通の第2端子9に接続されているが、個々のフォトダイオード素子の第1パッド4は、互いに短絡することなく第1端子8に接続されている。したがって、個々のフォトダイオード素子から出力される電気信号は、それぞれに対応した第1端子8を介して個別に取り出すことができる構造となっている。なお、このアノードとカソードとが逆になっていても全く同様である。

【0048】このような構成で放射線検出装置を実現した場合、フォトダイオードアレイ2を構成する個々のフォトダイオードから発生する電気信号を検出するための配線に必要な領域が少なくすむという特徴を有する。すなわち、第2パッド5から出力される電気信号をMID基板1の下部に設けた第1端子8から取り出す立体配線構造とすることで、従来のように基板表面に2次元的な配線を施した場合と比べて、フォトダイオードアレイ間の隙間領域を狭くすることが可能となる。従来のように基板表面に2次元的な配線をした場合には、必要な配線をすべてフォトダイオードアレイ間の隙間領域に平面状に配置する構造となる。したがって、必要な配線を確保するためには隙間領域を広くする必要があった。本実施の形態1にかかる放射線検出装置は、従来と比較してフォトダイオードの占有面積を相対的に大きく取ることができ、有効X線受線面積を最大にし、検出効率を増大させることができる。

【0049】なお、図1～図3においては、放射線検出器用部品の上面のフォトダイオード素子の数、したがって第2パッド5の数が8であり、放射線検出器用部品の裏面のピン状端子の数が9である場合を例示している。各々の第2パッド5の間隔と、各々のピン状端子の間隔、各々の穴の間隔とは一致していない。ここで、当

然のことながら図1～図3で示すフォトダイオード素子の数、第2パッド5の数、および第1端子8の数はあくまで例示的なものである。したがって、フォトダイオードの数が8よりも多い場合でも、少ない場合であっても図1～図3に示すような構造を実現することができる。

【0050】なお、実施の形態1にかかる放射線検出器用部品では、MID基板1に配線10を施すことによって立体配線を実現しているが、MID基板1およびパッド形成用突起3を貫通したスルーホールによって立体配線を形成しても良い。スルーホールを用いた場合、基板

についてもMID基板以外の基板を用いることが可能である。

【0051】（変形例）次に、実施の形態1にかかる放射線検出器用部品の変形例について説明する。この変形例では、フォトダイオードアレイ2を用いるのではなく、互いに分離した個々のフォトダイオード素子をMID

基板1上に配列する構造を有する。

【0052】すなわち、変形例にかかる放射線検出器用部品は、図1～図3に示した実施の形態1にかかる放射線検出器用部品で用いたフォトダイオードアレイ2を複数個のフォトダイオード素子に変更し、MID基板1上面に各々のフォトダイオード素子の位置決めのための溝または位置決め突起を設けるように変更したものである。この位置決め突起が土手状となっていて、隣接チャンネル間の仕切板として機能するように構成することによりフォトダイオードとシンチレータとの間に用いる透明接着剤層による光クロストークを低減できるので好ましい。

【0053】また、位置決め突起もしくは溝を有することで、個々のフォトダイオード素子をMID基板1上に配置する際に特別な位置決め治具を要しないという利点も有する。また、容易にフォトダイオード素子の位置決めをおこなうことができるため、放射線検出器用部品の製造を低コストで迅速におこなうことができる。

【0054】（実施の形態2）次に、実施の形態2にかかる放射線検出器について説明する。図4は、実施の形態1にかかる放射線検出器用部品とシンチレータアレイとを分離した状態で示す概略斜視図であり、図5は、上記の実施の形態1にかかる放射線検出器用部品とシンチレータアレイを組み立てた状態の実施の形態2にかかる放射線検出器の概略斜視図である。

【0055】図4および図5に示すように、実施の形態2にかかる放射線検出器は、図3に示す上記の実施の形態1にかかる放射線検出器用部品と、放射線検出器用部品のフォトダイオードアレイの上面上に各々の素子に対応するように設置されたシンチレータアレイ11とを有している。このシンチレータアレイ11は、シンチレータ素子12とセパレータ13とからなるものである。また、上記の放射線検出器用部品とシンチレータアレイ11とは光学接着剤で固定されている。

【0056】（変形例）実施の形態2の変形例にかかる放射線検出器は、図1～図3に示した実施の形態1にかかる放射線検出器用部品で用いたフォトダイオードアレイ2を複数個のフォトダイオード素子に変更し、MID基板1上面に各々のフォトダイオード素子の位置決めのための溝または位置決め突起を設けるように変更した実施の形態1の変形例にかかる放射線検出器用部品と、放射線検出器用部品の各々のフォトダイオード素子の上面の上に各々の素子に対応する用に設置されたシンチレータ素子とを有するものであり、その他は図4および図5に示した実施の形態2にかかる放射線検出器と実質的に同一である。変形例にかかる放射線検出器においては、この位置決め突起が土手状となっていて、隣接チャンネル間の仕切板として機能するように構成することによりフォトダイオードとシンチレータとの間に用いる透明接着剤層による光クロストークを低減できるので好ましい。

【0057】（実施の形態3）次に、実施の形態3にかかる放射線検出装置について説明する。図6は、図5に示した所定数の放射線検出器を縦横に配置して得た実施の形態3にかかる放射線検出装置の概略斜視図であり、図7は、さらにコリメータ14を組み込んだ放射線検出装置の概略斜視図である。図6および図7で示すように、放射線検出装置は、フォトダイオードとシンチレータ素子との組み合わせからなる放射線検出部が2次元的に配列された構造を有する。このことから、単一スライスのみならず、マルチスライスX線CT装置における放射線検出装置として使用することができる。

【0058】上で述べたように、実施の形態1～3においては、フォトダイオードの上面と一次基板の表面との段差をなくしてワイヤボンディングに必要なスペースを最小にし、出力端子を一次基板の下側に配置し、出力端子とワイヤボンディングパッドとを立体配線で接続することにより放射線検出器を小型化しているため、図6または図7に示すように、放射線検出器を隙間なく配置することができ、したがって、たとえばX線CT装置の単位面積あたりの有効X線受線面積を最大にし、検出効率を増大させることができる。

【0059】（実施例）図1に示したフォトダイオードアレイ2として、長さ13.6mm、幅1.35mm、厚さ0.3mmのPIN型シリコンフォトダイオードを用いた。また、図1に示したMID基板1として、基材がポリプラスチック社製の液晶ポリマーであり、基板全体の長さが13.6mm、厚さが1.5mm、幅が1.5mm、突起部の長さが13.6mm、高さが0.3mm、幅が0.14mm、ピン状出力端子の直径が0.46mmであり、配線がワイヤボンディングパッド部、垂直配線部およびスルーホール部とも銅メッキ、ニッケルメッキおよび金メッキを施したものをを用いた。図4に示したシンチレータとして、長さ13.6mm、幅1.5

mm、厚さ 2 mm の CdWO₄ を用いた。

【0060】上記のフォトダイオードおよび MID 基板 1 を組み立てて本発明の放射線検出器用部品を作製し、さらにシンチレータを組み入れて本発明の放射線検出器を作製した。また、所定数のこの放射線検出器を組み立てて、二次元放射線検出装置を作製した。

【0061】なお、本発明においては、MID 基板 1 について上記のポリプラスチック社製の液晶ポリマーの代わりに、立体成形の可能な任意の樹脂を用いることができ、MID 基板上の配線として上記のメッキの代わりに導電性材料の印刷、銅箔の転写を採用することができ、ピン状出力端子の代わりにスルーホールのみでも、はんだバンプでも良い。また、シンチレータの材質について、CsI や NaI でも良く、その他にも Bi₄Ge₃O₁₂、BaF₂、Gd₂SiO₅、Lu₂SiO₅ や、各種セラミックシンチレータなどが代表的な材料として例示できるが、基本的には入射する放射線を光に変換することのできる素子であればよい。

【0062】（実施の形態 4）次に、実施の形態 4 にかかる放射線検出器用部品について説明する。図 8（a）は、実施の形態 4 にかかる放射線検出器用部品の構造を示すため、フォトダイオードアレイ 22 とシンチレータアレイ 21 とを分離した状態で示す概略模式図である。また、図 8（b）は、フォトダイオードアレイ 22 とシンチレータアレイ 21 とを接触させた放射線検出器用部品の概略斜視図である。図 8（b）に示すように、本実施の形態 4 にかかる放射線検出器用部品においては、シンチレータアレイ 21 のアレイ整列方向の一方の側面にフォトダイオードアレイ 22 が配置され、シンチレータアレイ 21 とフォトダイオードアレイ 22 とは、光学接

着剤によって接着されている。シンチレータアレイ 21 は、個々のシンチレータ素子 23 と、セパレータ 24 とからなるものであり、このフォトダイオードアレイ 22 には、図 8（a）に示すように、個々のシンチレータ素子 23 と対面する部分に各々のフォトダイオード素子 22a が形成されている。また、各々のフォトダイオード素子 22a にはそれぞれ配線 25 が電気的に接続されており、各々の配線 25 はフォトダイオードアレイの表面に配置されていて、各々の配線 25 の末端は、フォトダイオードアレイ 22 とシンチレータアレイ 21 とが接触する部分よりも受光方向下流側、すなわち図 8（a）および図 8（b）における下側に存在していて、端子 26 を形成している。

【0063】本実施の形態 4 においては、フォトダイオードアレイ 22 は、シンチレータアレイ 21 に対して受光方向下流側に位置しておらず、シンチレータアレイ 21 の整列方向の一方の側面に配置されている。しかし、フォトダイオードアレイ 22 に含まれる各々のフォトダイオード素子 22a は、X 線を直接電気信号に変換するのではない。具体的には、各々のフォトダイオード素子

22a は、シンチレータアレイ 21 に入射した X 線に起因して、シンチレータ素子 23 を構成する原子から放射状に分散される可視光線を受光している。したがって、X 線についての受光方向下流側に位置していなくとも、フォトダイオード素子 22a は、問題なく可視光線を受光することができる。

【0064】このように、シンチレータアレイ 21 に対して、アレイ整列方向の一方の側面にフォトダイオードアレイ 22 を配置することで、次の利点が生じる。すなわち、フォトダイオードアレイ 22 の厚みは、厚くともせいぜい数百 μm 程度しかない。したがって、受光方向から実施の形態 4 にかかる放射線検出器用部品を見た場合、シンチレータアレイ 21 の占める面積と比較して、フォトダイオードアレイ 22 が占める面積を非常に小さくすることができる。これにより、放射線検出器用部品を複数配列して放射線検出器を構成した場合に、放射線検出器用部品を隙間なく配置することができる。したがって、たとえば X 線 CT 装置に使用した場合、X 線 CT 装置の単位面積あたりの有効 X 線受線面積を大きくし、検出効率を増大させることができるという利点を有する。

【0065】（実施の形態 5）次に、実施の形態 5 にかかる放射線検出器について説明する。図 9 は、実施の形態 4 にかかる放射線検出器用部品を複数用いて、放射線検出器を構成した場合の状態を示す概略断面図である。図 9 に示すように、実施の形態 5 にかかる放射線検出器は、図 8（a）に示す放射線検出器用部品 27 が、基板 28 の上に固定されることによって支持されている。ここで、基板 28 は、シンチレータアレイ 21 のアレイ整列方向の長さに関してはシンチレータアレイ 21 とほぼ同じ長さを有し、シンチレータアレイ整列方向と直角の方向の幅に関しては、シンチレータアレイ 21 とほぼ同じ幅を有する。なお、基板 28 の高さに関しては、特に制限はない。基板 28 上には各々のフォトダイオード素子に対応するように配線 29 が設けられている。

【0066】次に、図 9 に示した放射線検出器の組立方法について、説明する。図 9 に示す構造に組み立てる場合には、ワイヤボンディング操作が容易になるように、基板 28 上に設けられた配線 29 は、隣接する放射線検出器用部品 27 のフォトダイオードアレイ 22 の表面に配置されている各々の配線の端子 26 にワイヤボンディング 30 により電気的に連結されており、各基板 28 にはワイヤボンディング 30 の位置に相当する部分に窪みが設けられている。

【0067】ここで、図 9 に示した状態に組み立てるためは、水平方向に順次組み立てていくのではなく、図 9 の左側を下にして垂直方向に置いて順次組み立てる。すなわち、放射線検出器用部品（説明の便宜上、27A とする）と基板（説明の便宜上、28A とする）とを横方向に並べて配置させた後、放射線検出器用部品 27A の

上に放射線検出器用部品 27B を重ねて固定し、その重ねた放射線検出器用部品 27B の端子 26 と基板 28A 上に設けられた配線 29 とをワイヤボンディング 30 で電氣的に連結する。そして、基板 28A の上に基板 28B を重ねて固定する。その後、放射線検出器用部品 27C を重ねて固定し、放射線検出器用部品 27C の端子 26 と基板 28B の配線 29 とをワイヤボンディング 30 で電氣的に連結する。この操作をくり返して所定数の放射線検出器用部品を用いた二次元放射線検出装置を形成する。

【0068】さらに必要に応じて、このようにして組み立てた二次元放射線検出装置がシンチレータアレイ 21 のアレイ整列方向に 2 組以上配置された一層広い有効面積の二次元放射線検出装置とすることもできる。

【0069】なお、基板 28 は、ガラスエポキシ基板、セラミック基板、液晶ポリマー基板、エポキシ樹脂のモールド品で構成する基板、その他のプラスチック基板等の材料を用いることができる。

【0070】図 9 に示す放射線検出器においては、複数個の放射線検出器用部品 27 とそれに対応した個数の基板 28 とで構成されているが、図 10 に示すように、シンチレータアレイのアレイ整列方向とは直角の方向に、所定数の放射線検出器分の長さまで渡って連続させた基板 31 を用いることもできる。この場合には、基板 31 の上面に、放射線検出器用部品 27 のフォトダイオードアレイ 22 とシンチレータアレイ 21 との接触部分よりも下に延伸しているフォトダイオードアレイ 22 の部分を収容する溝を設け、また、基板 31 中に導電性ピン 32 を埋め込んで、フォトダイオードアレイ 22 の表面に配置されている各々の配線の端子 26 と電氣的に連結できるようにする。

【0071】図 11 は、図 9 または図 10 に示した所定数の放射線検出器を連結して配置して得た二次元放射線検出装置から、基板 28 の部分を除いて図示した概略斜視図である。

【0072】上で述べたように、放射線検出器用部品 27 および放射線検出器においては、フォトダイオードアレイ 22 の各々のフォトダイオード素子に電氣的に接続している各々の配線 25 を放射線検出器の受光方向下流側、すなわち下側で取り出しているため、図 11 に示すように、放射線検出器を隙間なく配置することができ、したがって、たとえば X 線 CT 装置の単位面積あたりの有効 X 線受線面積を最大にし、検出効率を増大させることができる。

【0073】（実施の形態 6）図 12 および図 13 は、本発明の実施の形態 6 にかかる放射線検出器用部品および放射線検出器を説明するための概略斜視図である。ここで、図 12 は、フォトダイオードアレイ 33 と、シンチレータアレイ 34 とを分離した状態で示す概略斜視図であり、図 13 は、フォトダイオードアレイ 33 と、シ

ンチレータアレイ 34 とを組み立てた状態を示す概略斜視図である。

【0074】図 12 および図 13 から明らかなように、実施の形態 6 にかかる放射線検出器用部品および放射線検出器においては、シンチレータアレイ 34 のアレイ整列方向の一方の側面にフォトダイオードアレイ 33 が配置され、光学接着剤で固定される。このフォトダイオードアレイ 33 の各々のフォトダイオード素子にはそれぞれ配線 35 が電氣的に接続されており、各々の配線 35 は、シンチレータアレイ 34 との接触部分よりも受光方向下流側に延伸した結果、シンチレータアレイ 34 のアレイ整列方向にのび、各々の配線の末端は、シンチレータアレイ 34 との接触部分を越えた側方位置に存在していて、端子 36 を形成している。基板 37 は、その一部がフォトダイオードアレイ 33 の裏面に固着され、他の部分において配線 38 を有し、配線 38 と端子 36 とは、ワイヤボンディングによって電氣的に接続されている。

【0075】このように構成することで、フォトダイオードアレイ 33 に含まれる各々のフォトダイオード素子から引き出す配線 35 および端子 36 について、次の利点を有する。すなわち、フォトダイオードアレイ 33 は、シンチレータアレイ 34 の側面に配置されているため、フォトダイオードアレイ 33 の厚みのみが有効 X 線受線面積に影響を与える。したがって、フォトダイオードアレイ 33 のフォトダイオード素子が配置される面の面積を大きくすることができる。このことから、フォトダイオードアレイ 33 を受光方向下流側に大きく延伸することが可能となる。フォトダイオードアレイ 33 において、各々のフォトダイオード素子が配置された領域以外については配線 35 を配置することが可能である。したがって、フォトダイオードアレイ 33 の面積を大きくすることで、配線 35 および端子 36 を配置する領域を広くとれることとなり、配線 35 の幅および端子 36 の面積を大きくすることができる。したがって、従来のように微細配線を施す必要はなく、断線や、高抵抗といった問題を防止することができる。

【0076】実施の形態 6 にかかる放射線検出器用部品を用いて放射線検出器を作製する際には、図 12 および図 13 に示すように、シンチレータアレイ 34 と接触していない部分のフォトダイオードアレイ 33 に基板 37 を設けることができる。他の方法としては、放射線検出器用部品の下に放射線検出器用部品を支持する基板を設けても良く、この場合には、図 9 および図 10 に示した場合のように、フォトダイオードアレイ 33 上の端子 26 を基板の配線 29 または導電性ピン 32 に電氣的に連結させる必要はない。

【0077】さらに、上記の放射線検出器を用いて二次元放射線検出装置を作製する場合には、図 14 の概略斜視図に示すように、シンチレータアレイ 34 のアレイ整

列方向とは直角の方向に任意の数の放射線検出器を連結させることができる。また、端子36を両側に出すことによりシンチレータアレイ34のアレイ整列方向に2組を配置させることができ、有効X線受線面積をさらに大きくすることができる。

【0078】(実施例) 図15(a)は、放射線検出器のシンチレータアレイのアレイ整列方向で切断した状態の二次元放射線検出装置の概略断面図であり、図15

(b)は、図15(a)に対して垂直の方向で切断した状態の二次元放射線検出装置の概略断面図である。図15(a)および図15(b)に示すように、フォトダイオードアレイ39としては24チャンネルフォトダイオードアレイ(長さ38.05mm、幅6.0mm、厚さ0.3mm、受光部サイズ1.18mm×3.8mm、チャンネルピッチ1.5875mm)のPIN型シリコンフォトダイオードを用い、シンチレータアレイ40として、長さ38.05mm、幅5.0mm、厚さ2.19mm(チャンネルサイズ1.33mm×4.0mm×2.0mm)のCdWO₄を用いた。また、基板41として厚さ0.2mmのガラスエポキシ基板を用い、フォトダイオードと基板41の配線とはワイヤボンディング42によって接続し、基板配線からの出力端子として、1.27mmピッチ、25チャンネルコネクタ43を用いた。この25チャンネルのうち、24チャンネルは、アノードピン44であり、1チャンネルはカソードピン45である。この24チャンネル検出器基板を5段に積層し、その空間部分にはエポキシ樹脂46を充填し、基板のない側には保護カバー板47を設けて120チャンネルの二次元X線検出器を試作した。

【0079】なお、本発明においては、ピンのかわりにBGA用のパンプを用いてもスルーホール端子を用いても良い。また、シンチレータの材質も、CdWO₄の他に、CsIやNaI、LSOでも良く、各種セラミックシンチレータでも良い。

【0080】(実施の形態7) 次に、実施の形態7にかかる放射線検出器用部品について説明する。図16は、実施の形態7にかかる放射線検出装置の概略斜視図である。実施の形態7にかかる放射線検出器用部品は、図16に示すように、スライス方向に延伸した構造の溝部52を有する基板51と、溝部52に埋め込まれたフォトダイオードアレイ53とを有する。また、基板51および基板の溝部52に埋め込まれたフォトダイオードアレイ53の上には、2次元シンチレータアレイ54が配置されている。ここで、図16においては、2次元シンチレータアレイ54は、基板51から空間的に離間して配置されている。これは実施の形態7にかかる放射線検出装置の構造の理解を容易にするためであり、実際には2次元シンチレータアレイ54と基板51とは透明接着剤によって密着した状態で固定されている。また、基板51の下には、回路基板64が配置され、回路基板64上

に配置される電気回路は、フォトダイオードアレイ53を構成する個々のフォトダイオード素子55と電気的に導通している。

【0081】フォトダイオードアレイ53は、複数のフォトダイオード素子55を有し、複数のフォトダイオード素子55は、フォトダイオードアレイ53上において、1次元アレイ状の配列を有するように配置されている。本実施の形態7では、フォトダイオードアレイ53は、長手方向がスライス方向となるように配置されている。したがって、放射線検出装置は、図16で示すように、チャンネル方向(スライス方向と直角の方向)に4個のフォトダイオード素子55を有し、スライス方向に3個のフォトダイオード素子55を有する構造となる。

【0082】2次元シンチレータアレイ54は、複数のシンチレータ素子59とセパレータ60を有する。フォトダイオード素子55に対応して複数のシンチレータ素子59が2次元状に配置されており、個々のシンチレータ素子59の境界にセパレータ60を挟み込む構造をしている。

【0083】シンチレータ素子59は、入射するX線を可視光線に変換するためのものである。シンチレータ素子59はCdWO₄や、CsI、NaIなどで構成され、入射するX線の強度に応じた可視光線をフォトダイオード素子55に対して出力する機能を有する。また、シンチレータ素子59の外表面には白色塗装が施されており、シンチレータ素子59の内部で変換された可視光線がシンチレータ素子59の外部に漏れ出すことを防止している。なお、シンチレータ素子59を構成する材料は、上記のもの以外でも良く、Bi₄Ge₃O₁₂、BaF₂、Gd₂SiO₅、Lu₂SiO₅や、各種セラミックシンチレータなどが代表的な材料として例示できるが、基本的には入射する放射線を光に変換することのできる素子であればよい。

【0084】セパレータ60は、X線および可視光線の透過を防止するためのものである。セパレータ60は、鉛(Pb)等を含み、X線および可視光線を反射もしくは吸収する機能を有する。セパレータ60をシンチレータ素子59相互の間に挟み込むことで、シンチレータ素子59の表面に対して斜め方向から入射した場合に、同一のX線が複数のシンチレータ素子59に入射することによって生じるクロストークを防止する。このことはX線から変換された可視光線についても同様である。すなわち、セパレータ60を配置することで、あるシンチレータ素子59内部で発生した可視光線が、隣接した他のシンチレータ素子59に入射することで生じる光クロストークを防止することができる。

【0085】フォトダイオード素子55は、対応するシンチレータ素子59の内部でX線から変換された可視光線を受光して、受光した可視光線を電気信号に変換して外部に出力するためのものである。フォトダイオード素

子 55 は P I N 型フォトダイオードからなり、底部に n 型層を有し、フォトダイオードアレイ 53 の表面部分では p 型層を形成している。さらに、上面の周端部に p 型層に接触したアノード電極 56 を有し、底部に n 型層に接触したカソード電極を有する。

【0086】次に、実施の形態 7 にかかる放射線検出装置の構造のうち、フォトダイオード素子 55 と回路基板 64 との電氣的接続の態様について、図 17 を参照して説明する。図 17 は、実施の形態 7 にかかる放射線検出装置の断面構造の一部を表す。なお、図 17 では、理解を容易にするために、2 次元シンチレータアレイ 54 および回路基板 64 を省略して表示している。

【0087】図 16 および図 17 に示すように、フォトダイオード素子 55 は基板 51 に設けられた溝部 52 に埋め込まれている。ここで、図 17 から明らかなように、溝部 52 はフォトダイオード素子 55 の厚みと同等の深さを有する。そのため、フォトダイオード素子 55 が埋め込まれた状態では、フォトダイオード素子 55 の上面に配置されたアノード電極 56 と、基板 51 の上面に配置されたパッド 57 とが同一の平面を形成している。また、フォトダイオード素子 55 の上面に配置されたアノード電極 56 と、基板 51 の上面に配置されたパッド 57 との間はワイヤボンディング 61 によって接続されている。さらに、図 17 における破線領域には、スルーホール 58 が設けられており、スルーホール 58 とパッド 57 とは電氣的に接続している。

【0088】また、スルーホール 58 は、基板 51 の裏面まで貫通し、基板 51 の裏面に配置されたパッド 63 に電氣的に接続している。したがって、アノード電極 56 から出力される電気信号はワイヤボンディング 61、パッド 57、スルーホール 58 を経て、基板 51 の裏面に配置されたパッド 63 にまで伝えられる。基板 51 の裏面は、図 16 でも示したように、回路基板 64 が配置されている。パッド 63 は、回路基板 64 上に設けられた電気回路と電氣的に接続している。パッド 63 の下には、あらかじめ半田ボール 62 が配置されており、パッド 63 と、回路基板 64 上に設けられた電気回路とは、半田ボール 62 によって電氣的に接続されている。具体的には、回路基板 64 上に基板 51 を仮固定した状態で熱を印加して半田ボール 62 を溶融し、パッド 63 と電気回路との間の導通を確保している。上記のような構造を有することで、実施の形態 7 にかかる放射線検出装置は、フォトダイオード素子 55 からの電気信号を、回路基板 64 上に設けられたパッド 63 から外部に出力することができる。

【0089】次に、フォトダイオード素子 55 の裏面に設けられているカソード電極と回路基板 64 との導通の態様について説明する。図 18 は、実施の形態 7 にかかる放射線検出装置を構成する基板 51 の端部についての上面図である。なお、図 18 は、フォトダイオードア

レイ 53 を埋め込む前の状態を示している。

【0090】基板 51 に設けられた溝部 52 の底面には、カソードパッド 65 が配置されている。カソードパッド 65 は、フォトダイオードアレイ 53 上に配置されたそれぞれのフォトダイオード素子 55 の底面に設けられたカソード電極のすべてと電氣的に接触するように、溝部 52 の底面全般に渡って配置されている。したがって、個々のフォトダイオード素子 55 は、カソード電極に関しては互いにショートした関係となっているが、アノード電極がフォトダイオード素子 55 ごとに分かれているため、電気信号を出力する際に互いの電気信号が合成されてしまうことはない。

【0091】また、カソードパッド 65 の一部領域において、カソードスルーホール 66 が配置されている。カソードスルーホール 66 は、溝部 52 の底面と、基板 51 の裏面とを電氣的に接続するためのものである。図 17 に示したアノード電極と回路基板 64 上の電気回路との接続と同様に、カソードスルーホール 66 は、基板 51 の裏面に設けられたパッド 63 に電氣的に接続されている。また、裏面に設けられたパッド 63 と、回路基板 64 上の電気回路との間は半田ボール 62 を介して接続されている。以上により、実施の形態 7 にかかる放射線検出装置は、フォトダイオード素子 55 から出力される電気信号を外部に出力する構造を有する。

【0092】次に、実施の形態 7 にかかる放射線検出装置の動作について説明する。図 19 は、実施の形態 7 にかかる放射線検出装置に X 線が入射する様子を示す模式図である。

【0093】シンチレータ素子 59 の上面から入射した X 線は、シンチレータ素子 59 内部において、可視光線に変換される。ここで、可視光線への変換効率は X 線のエネルギーに比例する。ここで、シンチレータ素子 59 の上面に対して垂直以外の角度で入射した X 線については、シンチレータ素子 59 の側面に到達する前に可視光線にすべて変換されるか、X 線のまま側面まで到達したとしても、セパレータ 60 によって大部分が吸収もしくは反射されるため、隣接した他のシンチレータ素子に入射することはほとんどない。このことは、X 線から変換された可視光線についても同様で、可視光線が他のシンチレータ素子に入射することはない。

【0094】そして、X 線から変換された可視光線は、フォトダイオード素子 55 に入射する。フォトダイオード素子 55 は、受光した可視光線を電気信号に変換する。具体的には、入射光によってフォトダイオード素子 55 内部において電子・正孔のペアが発生することに基づいて電気信号が発生する。ここで、電気信号の強度は受光する可視光線が有するエネルギー値に比例する。可視光線のエネルギー値は、上述したようにシンチレータ素子 59 に入射する X 線光線の強度に比例することから、フォトダイオード素子 55 から出力される電気信号

の強度は、シンチレータ素子59に入射するX線光線の強度に比例することは明らかである。フォトダイオード素子55から出力される電気信号は、スルーホール58およびカソードスルーホール66を介して基板51の裏面に伝えられ、回路基板64を介して外部に出力される。なお、図19では電気信号の例として電流Iが出力される様子を示しているが、これに限定されるものではなく、電圧の変化等の形で電気信号を出力しても良い。

【0095】以上述べたように、個々のシンチレータ素子59に入射したX線についてその強度に応じた電気信号を出力する構造を有することで、実施の形態7にかかる放射線検出装置は、入射位置に関するX線の強度分布を求めることができる。

【0096】本実施の形態7にかかる放射線検出装置は、フォトダイオード素子55が列状に配列したフォトダイオードアレイ53を複数配列する構造を有する。したがって、製品としての歩留まりが向上するという利点を有する。すなわち、図16で示したような2次元フォトダイオードアレイを同一基板上に形成した場合には、12個のフォトダイオード素子のうち、1つでも欠陥を有する素子が存在することで残りの11個のフォトダイオード素子についても放射線検出装置に使用することはできない。

【0097】一方、本実施の形態7にかかる放射線検出装置では、仮に1個のフォトダイオード素子55に欠陥があっても、欠陥を有するフォトダイオード素子55を有するフォトダイオードアレイ53を別のものと交換するのみで済み、残りの9個のフォトダイオード素子を有効活用することができる。特に、近年のX線CTスキャン装置に用いる放射線検出装置は、多チャンネルおよび多スライス化が進んでいるため、配置するフォトダイオード素子の数が増大する傾向にある。したがって、1次元のフォトダイオードアレイ53を複数配列する本実施の形態7にかかる放射線検出装置は、さらに高い歩留まりを有することが期待できる。

【0098】また、1次元の配列を有するフォトダイオードアレイ53を溝部52に埋め込む構造を採用している。このことにより、以下の利点を有する。まず、溝部52の幅と、フォトダイオードアレイ53の幅が一致しているため、位置あわせを容易におこなうことができる。したがって、フォトダイオードアレイ53を基板51上に配置する際にはスライス方向に関してのみ位置決めをおこなえばよい。さらに、スライス方向の位置決めのために突起部もしくは溝部を新たに設けた場合には、位置調整等の工程を一切経ることなく容易にフォトダイオードアレイ53を配置することができる。このため、本実施の形態7にかかる放射線検出装置では、製造が容易で、かつ、迅速に製造をおこなうことができる。

【0099】さらに、本実施の形態7においては、フォトダイオードアレイ53の厚みと、溝部52の深さはほ

ぼ同一の値をとる。このことにより、ワイヤボンディング61に必要な領域を小さくできるという利点を有する。

【0100】フォトダイオードアレイ53上に配列する個々のフォトダイオード素子55から電気信号を外部に出力するためには、フォトダイオード素子55のアノード電極56およびカソード電極を基板上に設けられた電極と電気的に接続させることが必要である。ここで、フォトダイオードアレイを平板上に配置した場合には、アノード電極と、基板上に配置されたパッドとの段差が避けられないという問題があった。段差を有する場合には、ワイヤボンディングに必要な水平距離を大きく取る必要があった。しかし、本実施の形態7においては、アノード電極56とパッド57との間に段差は全く生じないか、生じたとしてもごくわずかであるため、従来のように水平距離を大きく取る必要がない。

【0101】さらに、本実施の形態7においては、フォトダイオード素子55の上面に配置したアノード電極56を、スルーホール58を利用することで立体的に引き出す構造を有する。このことにより、隣接するフォトダイオードアレイ53間に位置する基板51の土手部分の幅を狭くすることができる。従来は、基板の上面に必要な配線を施していたため、特に多チャンネルおよび多スライス化するにしたがって、配線の幅を狭くするか、フォトダイオードアレイ53相互の間の幅を大きくする必要があった。

【0102】一方、本実施の形態7においては、アノード電極56を立体的に引き出す構造としており、基板51の上面に配線を設ける必要がない。したがって、多チャンネルおよび多スライス化によってフォトダイオード素子55の数が増大する構造となっても、フォトダイオードアレイ53の間隔を広く取る必要はなく、間隔を一定に保つことができる。具体的には、フォトダイオードアレイ53の間に位置する基板51の土手部分の幅は、ワイヤボンディングに必要な幅およびスルーホールに必要な幅さえ確保できればいくらかでも狭くすることが可能である。したがって、放射線検出装置においてX線入射方向に対して垂直な面でのフォトダイオード素子55が占める面積を広く取ることができ、高感度の放射線検出装置を実現することができる。

【0103】また、本実施の形態7においては、基板51でアノード電極56を垂直方向に引き出して回路基板64に接続した場合、回路基板64上の電気回路によって電気信号を外部に出力する構造を有する。この場合、回路基板64上であって、フォトダイオードアレイ53の下部に位置する領域についても回路を構成することが可能であるため、基板51の上面に電気回路を配置した場合と比較して、回路に使用する面積を大きくすることができるという利点も有する。したがって、微細配線を施す必要もなくなり、高抵抗化または断線の危険も回避

することができる。

【0104】さらに、本実施の形態7において、基板51上に溝部52を設けることは容易である。たとえば、半導体チップの分離に使用するダイシングソーを用いて基板51の表面を削ることで、溝部52を形成することができる。したがって、本実施の形態7では、放射線検出装置を容易に製造することができるという利点も有する。また、単純な構造でフォトダイオードアレレイ53の位置決めをおこなうことができるため、この点でも放射線検出装置を容易に製造することができる。

【0105】また、本実施の形態7において、基板51の裏面に設けられたパッド63と回路基板64とは、半田ボール62を使って電気的に接続されている。このため、基板51と回路基板64との間を容易に固定することができ、放射線検出装置を容易に製造することができる。

【0106】なお、実施の形態7では、3スライスを有し、1スライスあたり4個のチャンネルを有する構造としているが、所定のスライスの同一チャンネルについて、スライス方向に複数のフォトダイオード素子を用いる構造としても良い。

【0107】また、実施の形態7では、フォトダイオードアレレイ53の長手方向をスライス方向、短手方向をチャンネル方向としているが、それぞれの方向を逆にして配置しても良い。すなわち、フォトダイオードアレレイ53の長手方向がチャンネル方向と平行になるように配置しても本実施の形態7にかかる放射線検出装置を構成することが可能である。

【0108】また、図16および図17において、アノード電極56とパッド57との間を接続するワイヤボンディング61は、アーチ状となっているが、直線状に接続する構造としても良い。上述の通り、基板51の上面とフォトダイオード素子55の上面との間に段差がないため、直線状にワイヤボンディングしても断線等のおそれがないためである。

【0109】さらに、スルーホール58およびカソードスルーホール66について、水平断面形状は円形でなくてもよい。たとえば、断面形状をフォトダイオードアレレイ53の長手方向に長軸を有する楕円とした場合には外周の長さを大きく取ることができるため、円形とした場合と比較してスルーホールを通過する際の電気抵抗を抑制することができる。

【0110】また、本実施の形態7においてはPIN型フォトダイオードを上面にp型層が来るように配置して、アノード電極56が上面に露出する構造としているが、n型層が上面となり、カソード電極が上面に露出する構造としても良い。このような構造としても、放射線検出装置は同様の利点を得ることができる。

【0111】また、フォトダイオードアレレイ53に含まれるフォトダイオード素子55について、本実施の形態

7ではPIN型フォトダイオードを用いているが、これに限定する必要はなく、PN接合からなるフォトダイオードやショットキーフォトダイオード、ヘテロ接合フォトダイオードおよびアバランシ・フォトダイオードを使用しても良い。また、光電変換がおこなえるものであれば、フォトダイオード以外の回路素子を利用しても良い。たとえば、照射される光の強度に応じて電気的抵抗が変化する光抵抗をフォトダイオードの代わりに使用しても良い。

10 【0112】さらに、本実施の形態7においては、基板51の下に回路基板64を配置する構造としているが、回路基板64を省略することも可能である。たとえば、基板51の裏面に回路パターンをあらかじめ形成しておき、外部に出力するためのパッドを基板51の側面上に配置する構造としても良い。この場合、回路基板64および半田ボール62を省略することが可能である。

20 【0113】（実施の形態8）次に、実施の形態8にかかる放射線検出装置について説明する。図20は、実施の形態8にかかる放射線検出装置の構造を示す概略断面図である。ここで、図20では理解を容易にするため、基板79に配置される2次元シンチレータアレレイおよび基板79下部に配置される回路基板については省略している。

【0114】実施の形態8にかかる放射線検出装置は、基板79上面に設けられた溝部80が、実施の形態7よりも深く形成されている。その他の点については、特に断らない限り、実施の形態7と同様の構造を有し、同等の効果を発揮するものとする。

30 【0115】実施の形態8においては、溝部80の深さを、溝部80に埋め込むフォトダイオードアレレイ69の厚みよりも大きくしている。このことにより、以下の利点が生じる。

40 【0116】一般に、溝部80に埋め込まれるフォトダイオードアレレイ69は同一条件で製造されたものを用いるため、厚みが相違することはないと想定されている。しかし、現実には個々のフォトダイオードアレレイ69によって厚みが相違する場合がある。特に、半導体基板上にエピタキシャル成長をおこなうことでフォトダイオード素子を形成する場合には、完全にエピタキシャル成長をおこなうことは困難であり、厚みの違いが生じる場合がある。

50 【0117】このようにフォトダイオードアレレイ69の厚みが互いに相違する場合、基板79および埋め込まれたフォトダイオードアレレイ69によって形成される上面は平滑な平面を形成することはできない。そのような上面に2次元シンチレータアレレイを配置した場合、2次元シンチレータアレレイの安定性が損なわれるおそれがある。基板79と2次元シンチレータアレレイとの間に生じる空隙を透明接着剤層で補填する構造も可能であるが、その場合、透明接着剤層で補填された空隙部分において

生じる光リークによる光クロストークが問題となる。

【0118】したがって、本実施の形態8においては、溝部80の深さを、フォトダイオードアレレイ69の厚みよりも大きくしている。そして、基板79の上面と2次元シンチレータアレレイとが透明接着剤を介して密着した状態で固定される。ここで、フォトダイオードアレレイ69の上面は、2次元シンチレータアレレイとは接触していない。基板79の上面は、溝部80を除いて同一平面上を形成するため、上述したような平滑な平面を形成できないという問題を防止することができる。また、基板79の上面と2次元シンチレータアレレイとの間に空隙は生じないため、光クロストークの問題も防止することができる。

【0119】ここで、溝部80の深さとフォトダイオードアレレイ69の厚みとの差は、 $1\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。 $1\mu\text{m}$ 以上としたのは、あまり差が少ないと個々のフォトダイオードアレレイ69の厚みの相違を吸収できないおそれがあるためである。また、 $100\mu\text{m}$ 以下としたのは、 $100\mu\text{m}$ よりも大きくした場合に、フォトダイオードアレレイ69が有するフォトダイオード素子のアノード電極56と、基板79の上面に配置されたパッド68との段差が無視できなくなり、ワイヤボンディングをおこなうためにフォトダイオードアレレイ69相互間の間隔を広くとる必要が生じるためである。

【0120】（実施の形態9）次に、実施の形態9について説明する。図21は、実施の形態9にかかる放射線検出装置を構成する基板70および基板70に埋め込んだフォトダイオードアレレイ73の態様を示す概略斜視図である。実施の形態9にかかる放射線検出装置は、フォトダイオードアレレイ73を埋め込むために設けられた第1の溝部71の上部に第2の溝部72を有する。第2の溝部72は、図21に示すように、上部においてチャンネル方向に広い開口部を形成し受光下流方向に下るに従い幅が狭くなる構造を有する。一方、第1の溝部71は、フォトダイオードアレレイ73を埋め込むために形成されるため、長手方向の断面は矩形形状からなる。なお、特に言及しない点については、実施の形態7にかかる放射線検出装置と同様とし、同等の機能を有するものとする。たとえば、実施の形態9において、基板70の下には、回路基板が配置され回路基板と基板裏面に設けられたパッド63とは、半田ボール62を介して電氣的に接続され、外部に出力される構造を有している。

【0121】図22は、実施の形態9にかかる放射線検出装置の構造を示す概略断面図である。フォトダイオードアレレイ73は、基板70内に形成した溝部71に埋め込まれ、フォトダイオードアレレイ73上に配置されている個々のフォトダイオード素子ごとにアノード電極74が、第2の溝部を構成する斜面上に設けられたパッド75とワイヤボンディングを介して電氣的に接続されてい

る。また、第2の溝部72から基板70を鉛直方向に貫くスルーホール76が配置され、スルーホール76は、パッド75と電氣的に接続されている。さらに、基板70の裏面にはパッド63が設けられ、スルーホール76と電氣的に接続している。したがって、フォトダイオードアレレイ73に配置されている個々のフォトダイオード素子から出力される電気信号は、パッド75、スルーホール76、パッド63を通して基板70の裏面に出力される。

【0122】第2の溝部72は、シンチレータ素子59においてX線から変換された可視光線をフォトダイオードアレレイ73に集める導波路としての機能を有する。すなわち、第2の溝部72の存在により、シンチレータ素子59でX線から変換された可視光線は、適宜第2の溝部72を形成する斜面上を反射し、フォトダイオードアレレイ73に含まれるフォトダイオード素子に到達し、個々のフォトダイオード素子によって受光される。ここで、第2の溝部72において可視光線の反射率を高めるため、また、可視光線を効率良くフォトダイオード素子に入射させるために、第2の溝部72に屈折率の異なる複数の膜からなる多層構造を積層しても良い。

【0123】第2の溝部72を有することによる利点について説明する。実施の形態9にかかる放射線検出装置は、第2の溝部72によって可視光線を集光する構造を有する。したがって、シンチレータ素子59上面のX線受線面積と比較して、フォトダイオード素子の受光部分の面積を狭くできる。このため、放射線検出装置を構成するためのフォトダイオード素子を小型化することができ、製造コストを低減することができる。1個あたりのフォトダイオード素子が小さくなることで、1枚のウェハーから製造することのできるフォトダイオード素子の数を増加させることができるためである。

【0124】（変形例）次に、実施の形態9の変形例にかかる放射線検出装置について説明する。図23は、変形例にかかる放射線検出装置を構成する基板77および基板77に配置されるフォトダイオード78を示す概略上面図である。ここで、基板77の上部には2次元シンチレータアレレイが配置され、基板77の下部には回路基板が配置されているのは実施の形態9と同様である。変形例においては、基板にフォトダイオードアレレイを配置するのではなく、個々に分離したフォトダイオード78を配置するものとする。ここで、フォトダイオード78は、実施の形態9と同様に、基板77に設けられた第1の溝部に埋め込まれている。また、フォトダイオード78が埋め込まれた第1の溝部の上部には、導波路としての機能を有する第2の溝部が形成されている。

【0125】変形例において、第2の溝部は、スライス方向のみならず、チャンネル方向についても斜面を有し、入射してくる可視光線をフォトダイオード78に集束させる導波路としての機能を有する。このため、さら

に可視光線を効率的にフォトダイオード 78 に集めることができ、フォトダイオード 78 をさらに小型化することができる。

【0126】以上、実施の形態 1~9 にわたって本発明を説明してきたが、本発明はこれら実施の形態に限定されるのではなく、当業者ならばこれらの実施の形態を用いて様々な変形例に相当することが可能である。たとえば、実施の形態 1~3 および実施の形態 7~9 において、シンチレータ素子もしくはシンチレータ素子アレイを除外した構成として、光検出器を得ることが可能である。本発明によれば、フォトダイオード素子の占有面積を増大させることができるため、本発明の構造を光検出器に応用することで、受光面積が広く、感度の高い光検出器を提供することができる。

【0127】また、実施の形態 1~9 において、フォトダイオード素子上面に設けられたパッドと、基板との間をワイヤボンディングによって電氣的に接続しているが、これに限定する必要はない。たとえば、フリップチップ方式によって接続しても良いし、TAB (Tape Automated Bonding) 方式によって接続しても良い。実施の形態 1~9 においてはフォトダイオード素子上面に設けられたパッドと基板上に設けられたパッドは、同一平面を形成するため、このような方式によっても容易に電氣的に接続することができる。

【0128】また、実施の形態 7~9 において、フォトダイオード素子は可視光線を電気信号に変換するものとしているが、その他の波長の光をフォトダイオード素子に照射する構造としても良い。具体的には、ショットキーフォトダイオードを使用すれば可視光領域よりも短い波長領域の光に対して光電変換をおこなうことが可能であり、InSb によってフォトダイオードを形成した場合には、窒素温度まで下げることによって赤外線領域まで感度を有する光電素子を得ることが可能である。X 線をこのような波長の光に変換するシンチレータ素子と組み合わせることで、上記の放射線検出器用部品、放射線検出器、放射線検出装置を構成することができる。

【0129】さらに、実施の形態 7~9 では、1 個の溝部に対して 1 個のフォトダイオードアレイが埋め込まれる構成としているが、スライス方向に並ぶ複数のフォトダイオードアレイを埋め込む構造としても良い。また、1 個の溝部に対して 1 個のフォトダイオードアレイではなく、個々のフォトダイオード素子を複数埋め込む構造としても良い。その場合には、個々のフォトダイオード素子の位置決め用の突起もしくは溝を溝部中に設けることが望ましい。

【0130】

【発明の効果】本発明の放射線検出器用部品および放射線検出器においては、MID 基板を採用してフォトダイオードの上面と一次基板の表面との段差をなくしてワイヤボンディングに必要なスペースを最小にし、出力端子

を一次基板の下側に配置し、出力端子とワイヤボンディングパッドとを立体配線で接続することにより放射線検出器を小型化しているため、放射線検出器を隙間なく配置することができ、したがって、たとえば X 線 CT 装置の単位面積あたりの有効 X 線受線面積を最大にし、検出効率を増大させることができる。

【0131】また、本発明の放射線検出器用部品および放射線検出器においては、フォトダイオードアレイの各々のフォトダイオード素子に電氣的に接続されている各々の配線を放射線検出器の受光方向下流側、すなわち下側で取り出しているため、単位放射線検出器の小型化および制作が容易になり、かつ放射線検出装置の制作が容易になり、放射線検出器を隙間なく配置することができ、したがって、たとえば X 線 CT 装置の単位面積あたりの有効 X 線受線面積を最大にし、検出効率を増大させることができる。

【0132】さらに、本発明の放射線検出装置においては、基板上面に溝部を形成し、その溝部にフォトダイオードアレイを埋め込むことで、フォトダイオードアレイの位置決めを容易におこなうことができる。また、フォトダイオードアレイ上に配置される第 1 パッドと、基板上に配置される第 2 パッドとが同一平面を形成するように配置されているため、ワイヤボンディングに必要なスペースを最小にし、たとえば X 線 CT 装置の単位面積あたりの有効 X 線受線面積を最大にし、検出効率を増大させることができる。さらに、第 2 パッドは、基板裏面に設けられた第 3 パッドとスルーホール等の立体配線によって電氣的に接続され、第 3 パッドから電気信号を出力する構造としたため、有効 X 線受線面積を最大にするとともに、配線のための領域を広く確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施の形態 1 にかかる放射線検出器用部品の、MID 基板とフォトダイオードアレイとを離した状態で示す概略斜視図である。

【図 2】図 1 の I-I 線における断面図である。

【図 3】(a) は、MID 基板とフォトダイオードアレイとを組み立てた状態の実施の形態 1 にかかる放射線検出器用部品の概略斜視図であり、(b) は、組み立てた状態におけるフォトダイオードアレイの電氣的接続の態様を示す断面図である。

【図 4】実施の形態 2 にかかる放射線検出器の、放射線検出器用部品とシンチレータアレイとを離した状態で示す概略斜視図である。

【図 5】実施の形態 2 にかかる放射線検出器の、放射線検出器用部品とシンチレータアレイとを組み立てた状態の概略斜視図である。

【図 6】実施の形態 3 にかかる放射線検出装置の構造を示す概略斜視図である。

【図 7】実施の形態 3 にかかる放射線検出装置におい

て、さらにコリメータを配置した場合の構造を示す概略斜視図である。

【図8】(a)は、実施の形態4にかかる放射線検出器用部品において、フォトダイオードアレイとシンチレータアレイとを分離した状態で示す概略斜視図であり、

(b)は、放射線検出器用部品を組み立てた状態を示す概略斜視図である。

【図9】実施の形態5にかかる放射線検出器の構造を示す概略断面図である。

【図10】実施の形態5にかかる放射線検出器の変形例の構造を示す概略断面図である。

【図11】実施の形態5にかかる放射線検出装置の構造を示す概略斜視図である。

【図12】実施の形態6にかかる放射線検出器において、フォトダイオードアレイとシンチレータアレイとを分離した状態で示す概略斜視図である。

【図13】実施の形態6にかかる放射線検出器の構造を示す概略斜視図である。

【図14】実施の形態6にかかる放射線検出器を用いた放射線検出装置の構造を示す概略斜視図である。

【図15】(a)、(b)は、実施例で得られる放射線検出装置の概略断面図である。

【図16】実施の形態7にかかる放射線検出装置において、2次元シンチレータアレイを分離した状態で示す概略斜視図である。

【図17】実施の形態7にかかる放射線検出装置において、電気的接続の概要を示す概略断面図である。

【図18】実施の形態7にかかる放射線検出装置において、基板の構造を示す概略上面図である。

【図19】実施の形態7にかかる放射線検出装置の動作を示す概略断面図である。

【図20】実施の形態8にかかる放射線検出装置の構造を示す概略断面図である。

【図21】実施の形態9にかかる放射線検出装置の構造を示す概略斜視図である。

【図22】実施の形態9にかかる放射線検出装置の動作を示す概略断面図である。

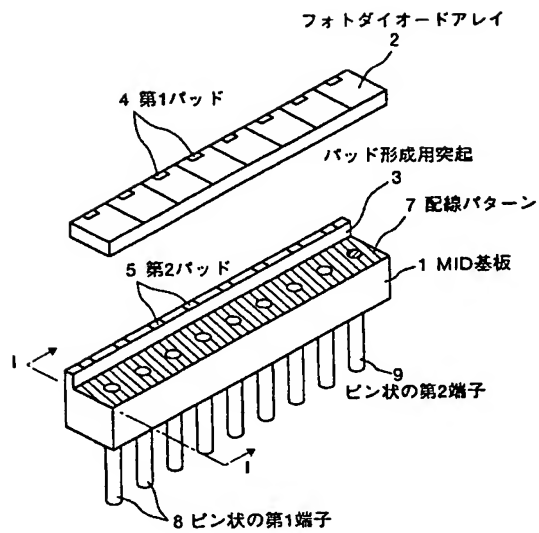
【図23】実施の形態9の変形例にかかる放射線検出装置の構造を示す概略上面図である。

【図24】(a)は、従来技術にかかる放射線検出装置の構造を示す概略斜視図であり、(b)は、従来技術にかかる放射線検出装置の電気的接続の態様について示す概略断面図である。

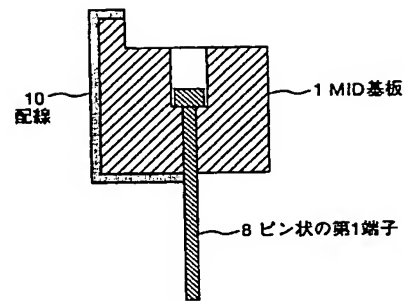
【符号の説明】

- 1 MID基板
- 2、22、33、39、53、69、73 フोटダイオードアレイ
- 3 パッド形成用突起
- 4 第1パッド
- 5 第2パッド
- 6、30、42、61、67 ワイヤボンディング
- 7 配線パターン
- 8 ピン状の第1端子
- 9 ピン状の第2端子
- 10、25 配線
- 11、21、34、40 シンチレータアレイ
- 12、23 シンチレータ素子
- 13、24 セバレータ
- 14 コリメータ
- 26、36 端子
- 27 放射線検出器用部品
- 28、31、37、41、51、70、77、79 基板
- 29、35、38 配線
- 32 導電性ピン
- 43 25チャンネルコネクタ
- 44 アノードピン
- 45 カソードピン
- 46 エポキシ樹脂
- 47 保護カバー板
- 52、80 溝部
- 54 2次元シンチレータアレイ
- 55 フोटダイオード素子
- 56 アノード電極
- 57、63、68、75 パッド
- 58、76 スルーホール
- 59 シンチレータ素子
- 60 セバレータ
- 62 半田ボール
- 64 回路基板
- 65 カソードパッド
- 66 カソードスルーホール
- 71 第1の溝部
- 72 第2の溝部
- 74 アノード電極
- 78 フोटダイオード素子

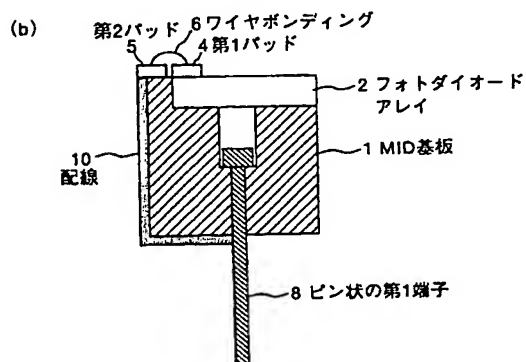
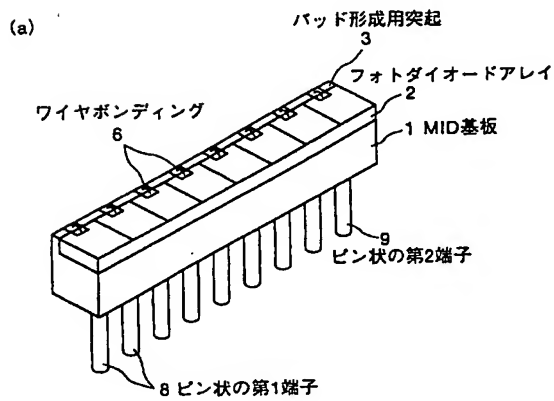
【図1】



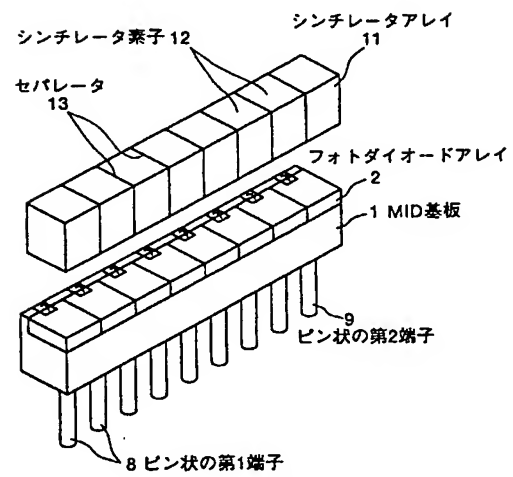
【図2】



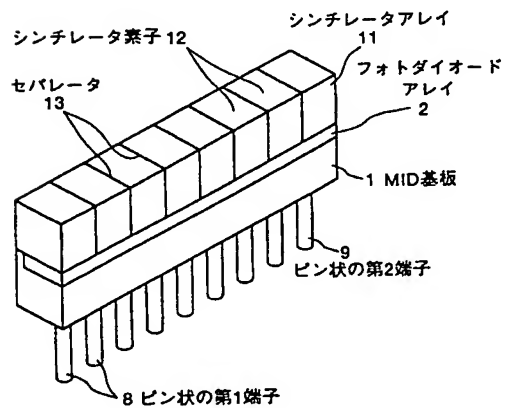
【図3】



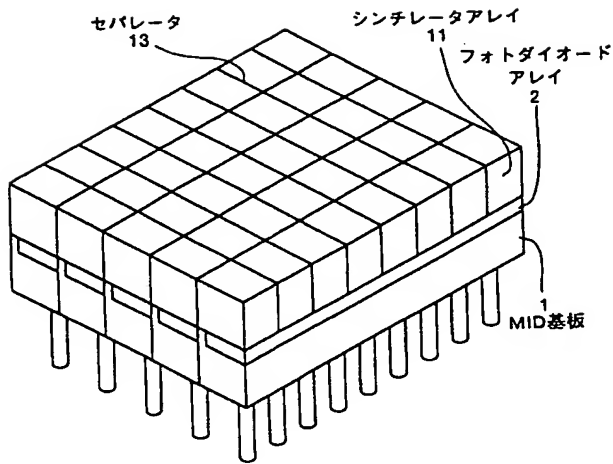
【図4】



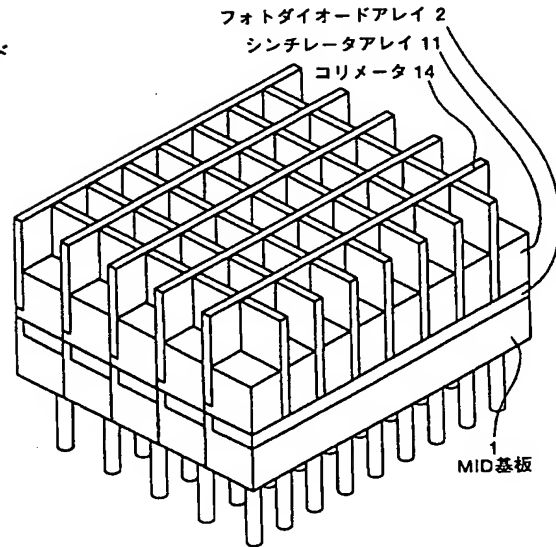
【図5】



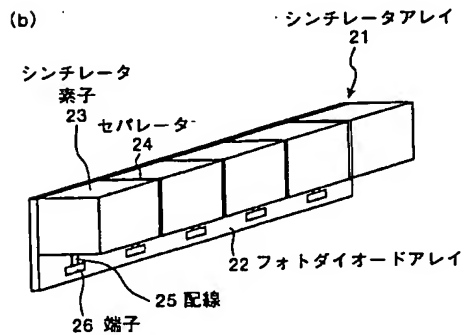
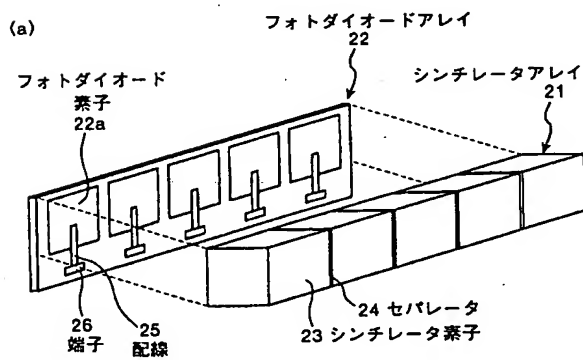
【図6】



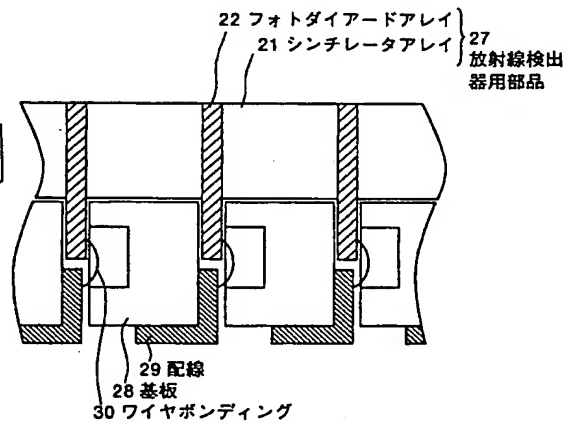
【図7】



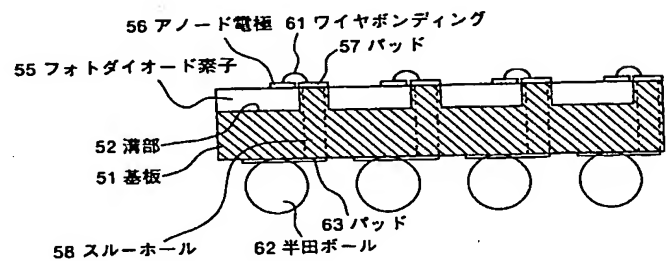
【図8】



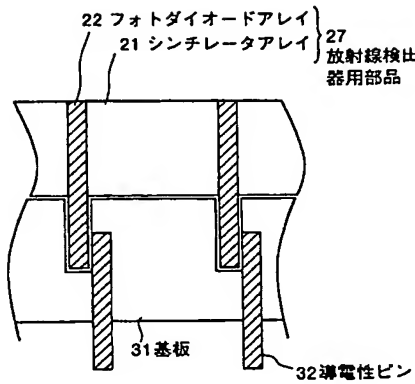
【図9】



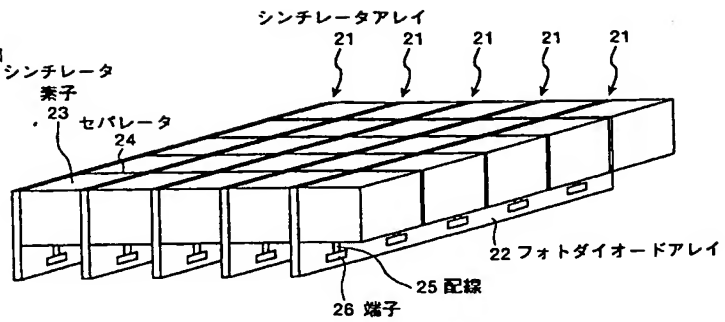
【図17】



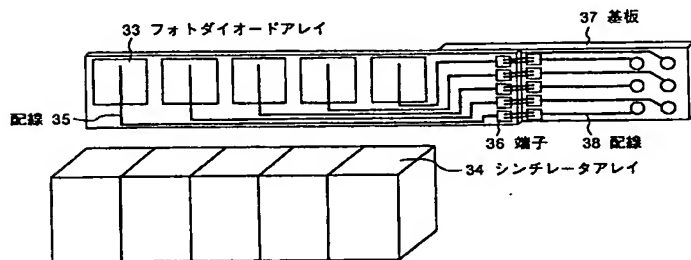
【図10】



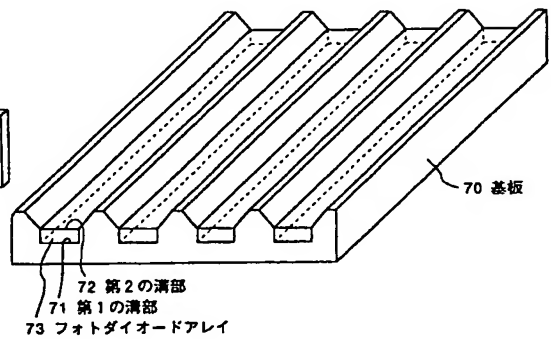
【図11】



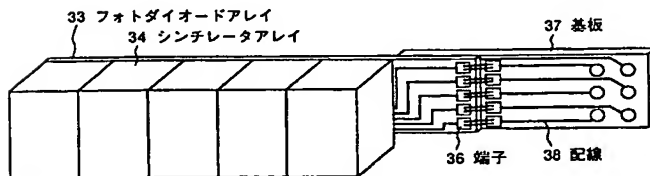
【図12】



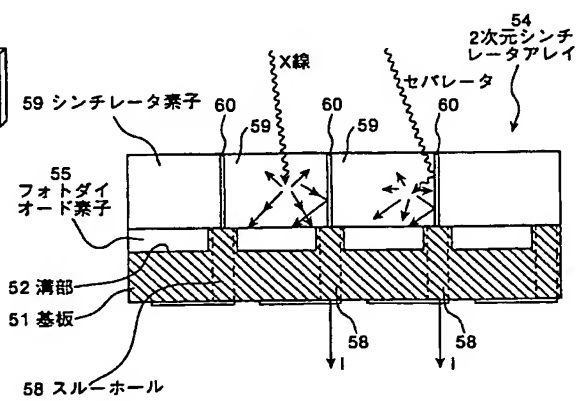
【図21】



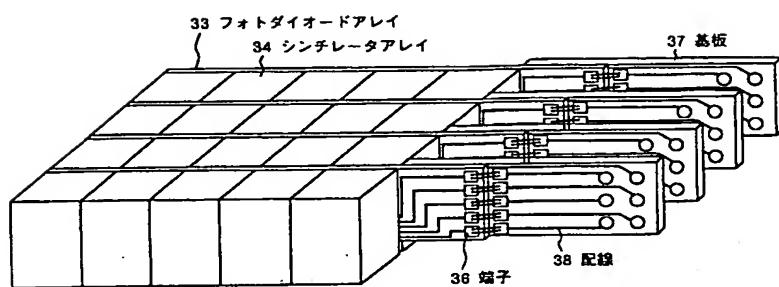
【図13】



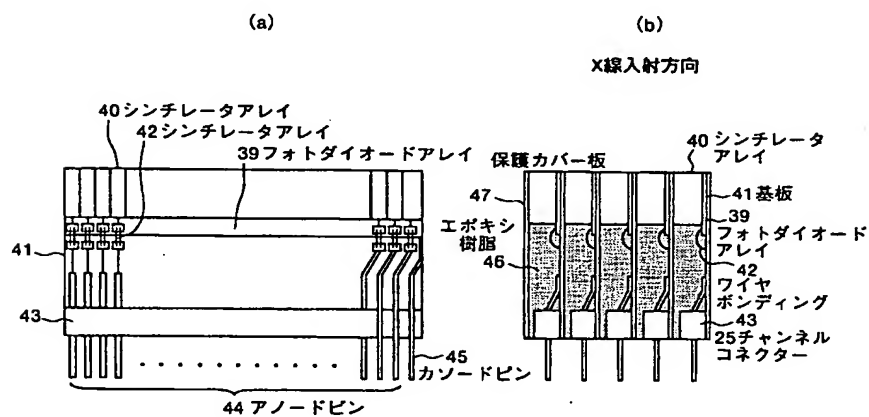
【図19】



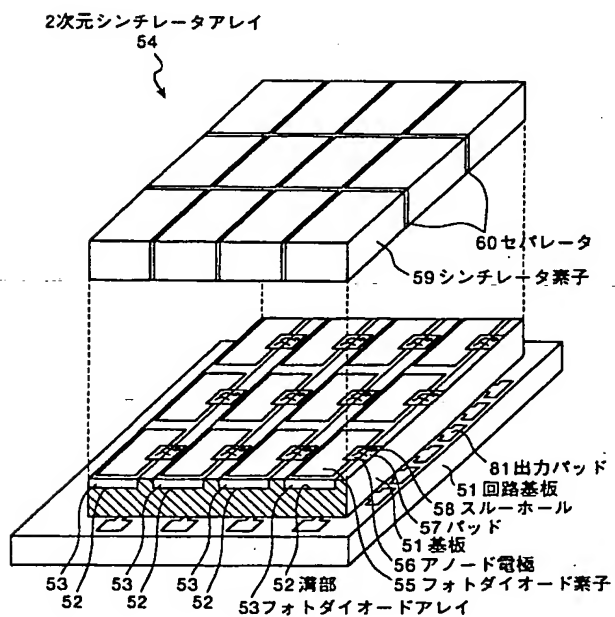
【図14】



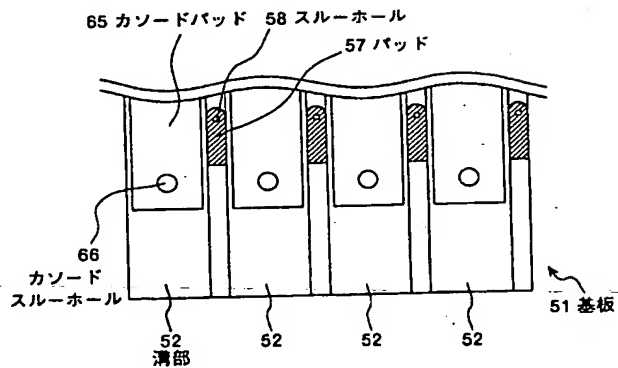
【図15】



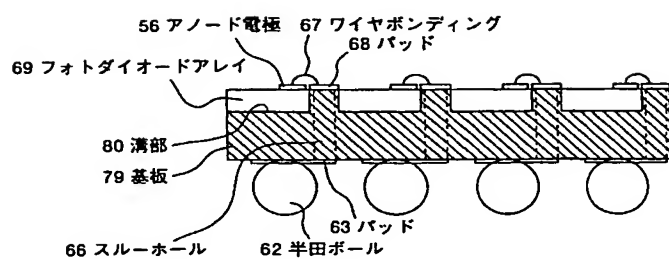
【図16】



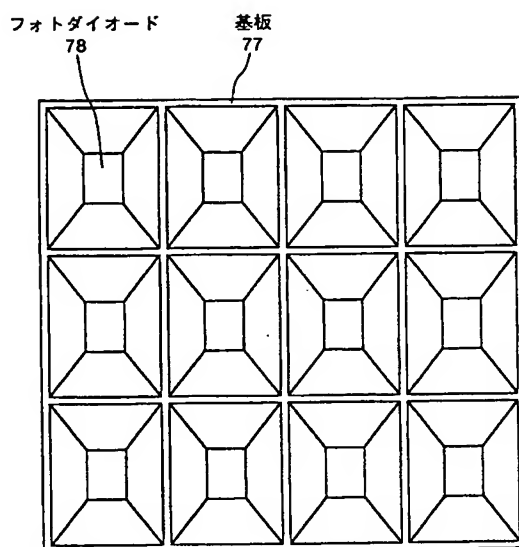
【図18】



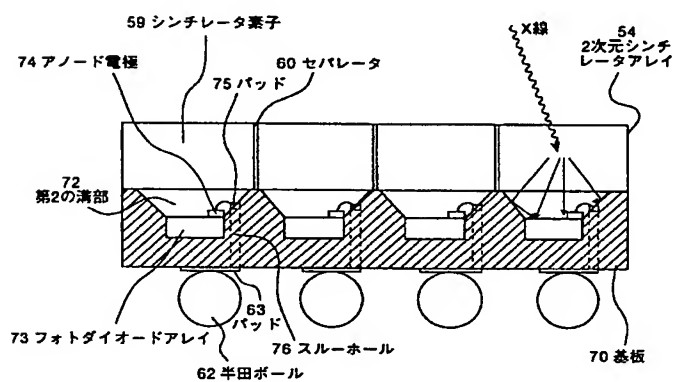
【図 20】



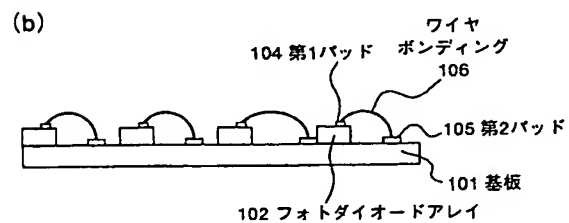
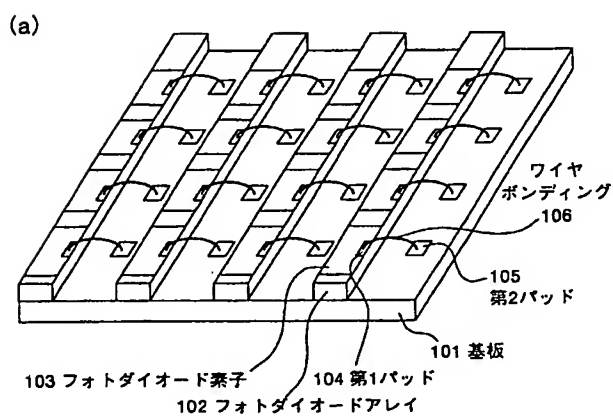
【図 23】



【図 22】



【図 24】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コード (参考)
H O 1 L 31/09		H O 1 L 31/00	A
H O 4 N 5/32		27/14	K
5/335		25/04	D
			A
F タ-ム (参考) 2G088 EE02 FF02 GG19 GG20 JJ05			
JJ09 JJ23 JJ24 JJ31 JJ33			
JJ37			
4M118 AA10 AB01 BA05 CA05 CB11			
GA10 HA23 HA24 HA25 HA30			
HA31 HA33			
5C024 AX11 CY49 EX22 EX25 GX03			
GX09			
5F044 AA07			
5F088 AA01 BA01 BA16 BB07 EA04			
EA16 EA20 JA17 JA20 LA08			

THIS PAGE BLANK (USPTO)